

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 11 月 18 日 (18.11.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/099472 A1

(51) 国際特許分類: C30B 29/40, 29/38, H01L 21/205, 21/302, 21/20, 33/00, H01S 5/30

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/004811

(22) 国際出願日: 2004 年 4 月 1 日 (01.04.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願2003-129829 2003 年 5 月 8 日 (08.05.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中畑 成二 (NAKAHATA, Seiji) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP). 上松 康二 (UEMATSU, Koji) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友

電気工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP). 弘田 龍 (HIROTA, Ryu) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 中野 稔, 外 (NAKANO, Minoru et al.); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).

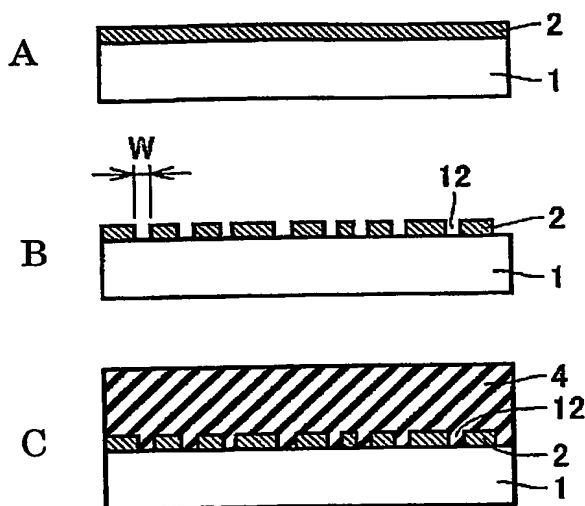
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: III-V COMPOUND SEMICONDUCTOR CRYSTAL AND METHOD FOR PRODUCTION THEREOF

(54) 発明の名称: III-V 族化合物結晶およびその製造方法



(57) Abstract: A method for producing a III-V compound crystal, characterized in that it comprises a first step of depositing a metal film (2) on a substrate (1), a second step of subjecting the metal film (2) to a heat treatment in an atmosphere containing a compound capable of patterning the metal film, and a step of growing a III-V compound crystal (4) on the metal film (2) after the heat treatment, or in that it comprises the above first and second steps, a step of growing a III-V compound buffer film on the metal film after the heat treatment, and a step of growing a III-V compound crystal on the III-V compound buffer film. The above method allows the production of a good III-V compound crystal using various substrates with the occurrence of no cracks with ease and simplicity at a low cost.

(57) 要約: 種々の基板を用いてもクラックを発生することなく良好な III-V 族化合物結晶が得られる簡便でコストの低い III-V 族化合物結晶の製造方法を提供する。基板 1 上に金属膜 2 を堆積する工程と、前記金属膜 2 をパターンニングする化合物の存在雰囲気下で熱処理する工程と、前記熱処理後の金属膜 2 上に III-V 族化合物結晶 4 を成長させる工程とを備えることを特徴とする III-V 族化合物結晶の製造方法。また、上記熱処理工程の後に、前記熱処理後の金属膜上に III-V 族化合物バッファ膜を成長させる工程と、前記 III-V 族化合物バッファ膜上に III-V 族化合物結晶を成長させる工程とを備えることを特徴とする III-V 族化合物結晶の製造方法。



添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明細書

## I I I - V 族化合物結晶およびその製造方法

## 技術分野

- 5 本発明は、I I I - V 族化合物結晶およびその製造方法に関し、特に、種々の基板を用いてもクラックを発生することなく良好な I I I - V 族化合物結晶を製造する方法に関する。

## 背景技術

- 10 G a N 結晶などの I I I - V 族化合物結晶を、結晶材料と異種の基板であるサファイア基板、シリコン (S i) 基板などの上に成長させると、結晶の格子定数、熱膨張率などの違いにより結晶と基板の間に応力が発生し、反りやクラックが発生し、良好な I I I - V 族化合物結晶を得ることができない。

- 15 そこで、サファイア基板の上に酸化シリコン (S i O<sub>2</sub> など) 膜を堆積させてフォトリソグラフィ法などにより酸化シリコン膜をパターニングした後、I I I - V 族化合物結晶を成長させることにより、結晶と基板との間の応力を緩和する方法が行なわれている。しかし、かかる方法では、酸化シリコン膜のパターニングが必要で、製造コストが高いという問題があった。

- 20 また、サファイア基板などの上に M O C V D (Metal Organic Chemical Vapor Deposition : 有機金属化学気相成長) 法によって G a N 層を成長させ、その上に金属膜を堆積させた後、熱処理を行ない、前記 G a N 層に空隙部を形成させた後、G a N 結晶を成長させる方法が提案されている (たとえば、特開 2 0 0 2 - 3 4 3 7 2 8 参照)。しかし、かかる方法では、M O C D V 法による G a N 層の成長が必須であり、製造コストが極めて高いという問題があった。

- 25 さらに、サファイア基板などの上に金属膜を堆積させた後に、G a N 結晶を成長させる方法が提案されている (たとえば、特開 2 0 0 2 - 2 8 4 6 0 0 参照)。しかし、かかる方法では、G a N 結晶と格子定数が異なる金属膜の上に G a N 結晶を成長させているために、得られる G a N 結晶の特性が低下するという問題があった。

## 発明の開示

本発明は、上記問題点を解決するため、簡便でコストの低い製造方法により得られる良質な I I I - V 族化合物結晶およびその製造方法を提供することを目的とする。

- 5      上記目的を達成するため、本発明にかかる I I I - V 族化合物の製造方法は、基板上に金属膜を堆積する工程と、前記金属膜をパターニングする化合物の存在雰囲気下で熱処理する工程と、前記熱処理後の金属膜上に I I I - V 族化合物結晶を成長させる工程とを備えることを特徴とする。さらに、上記熱処理工程の後に、前記熱処理後の金属膜上に I I I - V 族化合物バッファ膜を成長させる工程と、前記 I I I - V 族化合物バッファ膜上に I I I - V 族化合物結晶を成長させる工程とを備えることを特徴とすることができる。
- 10

## 図面の簡単な説明

- 図 1 は、本発明にかかる I I I - V 族化合物結晶の一の製造方法を説明する図である。
- 15

図 2 は、本発明にかかる I I I - V 族化合物結晶の別の製造方法を説明する図である。

- 図 3 A は、金属膜に形成される穴または溝の代表的な一の形態を示す模式図であり、図 3 B は金属膜に形成される穴または溝の代表的な別の形態を示す模式図である。
- 20

## 発明を実施するための最良の形態

### (実施形態 1)

- 本発明にかかる I I I - V 族化合物結晶の一の製造方法は、図 1 を参照して、図 1 A に示すように基板 1 上に金属膜 2 を堆積する工程と、図 1 B に示すように前記金属膜 2 をパターニングする化合物の存在雰囲気下で熱処理する工程と、図 1 C に示すように前記熱処理後の金属膜 2 上に I I I - V 族化合物結晶 4 を成長させる工程とを備えることを特徴とする。
- 25

すなわち、図 1 および図 3 を参照して、本発明にかかる I I I - V 族化合物結

晶の一の製造方法は、以下の工程により行なわれる。まず、図 1 A に示すように、基板 1 上に、蒸着法またはスパッタ法などの方法を用いて金属膜 2 を堆積する。次に、金属膜 2 をパターニングする化合物の存在雰囲気下で熱処理することにより、図 1 B に示すように金属膜 2 が不定形にパターニングされて、図 3 A または図 3 B に示すような虫食い状の穴または溝 1 2 が形成され、穴または溝 1 2 の底部には基板 1 が露出する。次いで、図 1 C に示すように、前記熱処理後の虫食い状の穴または溝 1 2 が形成された金属膜 2 上に、たとえば H V P E (Hydride Vapor Phase Epitaxy : ハイドライド気相エピタキシャル成長) 法などを用いて I I I - V 族化合物結晶 4 を成長させる。

10      ここで、図 3 A および図 3 B は、いずれも金属膜 2 をパターニングする化合物の存在雰囲気下で熱処理することにより金属膜 2 に形成される虫食い状の穴または溝の代表的な形態を模式的に示したものである。なお、穴または溝が少ない場合には図 3 A の形態が多く、穴または溝が多くなるにつれて図 3 B の形態をとる傾向がある。

15      かかる製造方法によると、図 1 を参照して、I I I - V 族化合物結晶 4 は、基板 1 の結晶の格子定数などの情報を拾うことができるので、良好な I I I - V 族化合物結晶 4 が成長する。また、金属膜に虫食い状の穴または溝 1 2 のパターンが形成されることにより、I I I - V 族化合物結晶 4 と金属膜 2 の間の応力が緩和され、I I I - V 族化合物結晶 4 にクラックは発生しなくなる。また、I I I - V 族化合物結晶は、高コストである M O C V D 法ではなく、上記 H V P E 法などの V P E (Vapor Phase Epitaxy : 気相エピタキシャル成長) 法により製造  
20      できるため、製造コストも低減できる。

本発明にかかる I I I - V 族化合物結晶の製造方法においては、図 1 および図 3 を参照して、金属膜をパターニングする化合物の存在雰囲気下で熱処理することにより金属膜に形成される穴または溝の平均幅 W が 2 n m ~ 5 0 0 0 n m であり、基板全面積に対する穴または溝の領域面積の百分率である開口率が 5 % ~ 8 0 % とすることが好ましい。穴または溝の平均幅 W が 2 n m 未満であると基板まで達する穴または溝とならず基板の情報を読み取ることが困難となり、5 0 0 0 n m を越えると I I I - V 族化合物結晶と基板の応力を緩和することが困難とな

る。かかる観点から、穴または溝の平均幅 $W$ は、 $5\text{ nm} \sim 1000\text{ nm}$ であることがより好ましい。また、開口率が $5\%$ 未満であると $\text{III-V}$ 族化合物結晶が基板と接触する面積が小さく基板の情報を読み取ることが難しくなり、 $80\%$ を越えると金属膜のない部分が大きくなりすぎ $\text{III-V}$ 族化合物結晶と基板の応力を緩和することが難しくなる。かかる観点から、開口率は、 $10\% \sim 50\%$ であることがより好ましい。ここで、開口率とは、上記のように基板全面積に対する穴または溝の領域面積の百分率として、次式(1)によって定義される。

$$\text{開口率}(\%) = (\text{穴または溝の領域面積}) / (\text{基板全面積}) \times 100 \quad (1)$$

ここで、基板は、本発明の目的に反さない限り、成長させる $\text{III-V}$ 族化合物結晶と同種、異種とを問わず広く用いることができる。たとえば、シリコン、サファイア、 $\text{SiC}$ 、 $\text{ZrB}_2$ または $\text{III-V}$ 族化合物が好ましい。前記列挙した化合物の結晶の格子定数は、 $\text{III-V}$ 族化合物結晶の格子定数に近く、良質な結晶を得やすい。なお、基板とする $\text{III-V}$ 化合物とその上に成長させる $\text{III-V}$ 族化合物結晶とは、同一の化合物でなくともよい。

また、金属膜は、特に制限はないが、パターニングを行ないやすいという観点から、チタン( $\text{Ti}$ )またはバナジウム( $\text{V}$ )を含有するものが好ましい。好ましいものとして $\text{Ti}$ 、 $\text{Ti-Al}$ 、 $\text{V}$ または $\text{V-Al}$ などの金属または合金が挙げられる。

金属膜の厚さは、特に制限はないが、 $10\text{ nm} \sim 1000\text{ nm}$ とすることが好ましい。 $10\text{ nm}$ 未満であるとパターニングの際に金属膜を残すことが難しくなり、 $1000\text{ nm}$ を越えるとパターニングの際に基板を露出させることが難しくなる。かかる観点から、金属膜の厚さは、 $30\text{ nm} \sim 500\text{ nm}$ であることがより好ましい。

金属膜をパターニングする化合物とは、この化合物の存在雰囲気下に金属膜を熱処理すると、金属膜に虫食い状の穴または溝を不定形にパターニングする化合物をいい、アンモニア( $\text{NH}_3$ )、窒素( $\text{N}_2$ )などが好ましいものとして挙げられる。

金属膜をパターニングする化合物の存在雰囲気下で熱処理する際の熱処理条件は、 $800^\circ\text{C} \sim 1200^\circ\text{C}$ で $0.5$ 分間 $\sim 20$ 分間行なうことが好ましい。熱処

理温度が800℃未満または熱処理時間が0.5分間未満であると金属膜のパターニングが不十分となり、熱処理温度が1200℃を越える場合または熱処理時間が20分間を越える場合には金属膜のパターニングが過剰となる。上記観点から、熱処理温度は900℃～1100℃であることがより好ましく、熱処理時間

5 は0.5分間～10分間であることがより好ましい。

上記の簡便でコストの低い製造方法により、良質なIII-V族化合物結晶が得られる。また、上記においてIII-V族化合物結晶が $Ga_xAl_yIn_{1-x-y}N$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ )である場合には、これらの結晶については、現在のところ他に特に有用な製造方法がないことから、極めて有用な製造方法となる。

10 (実施形態2)

本発明にかかるIII-V族化合物結晶の別の製造方法は、図2を参照して、図2Aに示すように基板1上に金属膜2を堆積する工程と、図2Bに示すように前記金属膜2をパターニングする化合物の存在雰囲気下で熱処理する工程と、図2Cに示すように前記熱処理後の金属膜2上にIII-V族化合物バッファ膜3

15 を成長させる工程と、図2Dに示すように前記III-V族化合物バッファ膜3上にIII-V族化合物結晶4を成長させる工程とを備えることを特徴とする。

すなわち、図2および図3を参照して、本発明にかかるIII-V族化合物結晶の別の製造方法は、以下の工程により行なわれる。まず、図2Aに示すように、基板1上に、蒸着法またはスパッタ法などの方法を用いて金属膜2を堆積する。次に、金属膜2をパターニングする化合物の存在雰囲気下で熱処理すること

20 により、図2Bに示すように金属膜2が不定形にパターニングされて、図3Aまたは図3Bに示すような虫食い状の穴または溝12が形成され、穴または溝12の底部には基板1が露出する。

次いで、図2Cに示すように、前記熱処理後の虫食い状の穴または溝12が形成された金属膜2上に、たとえばHVP E法などを用いてIII-V族化合物バッファ膜3を成長させる。ここで、III-V族化合物バッファ膜3とは、結晶を成長させる場合に比べて低温で成長させたIII-V族化合物のアモルファス膜をいう。また、バッファ膜を形成するIII-V族化合物と、結晶を形成するIII-V族化合物とは、必ずしも同一の化学組成でなくともよいが、同一の化

25

学組成を有することが、成長させる結晶の質を向上させる観点から好ましい。次いで、図2Dに示すように、III-V族化合物バッファ膜3上に、たとえばHVPE法などを用いてIII-V族化合物結晶4を成長させる。

- 5 上記実施形態2においては、虫食い状の穴または溝が形成された金属膜2上に形成されることによって、後にIII-V族化合物バッファ膜3上に形成されるIII-V族化合物結晶4と基板1の間の応力をより緩和することができる。また、III-V族化合物結晶4の成長の際には、基板1ではなく、III-V族化合物のアモルファス膜の情報を拾うため、不要な結晶情報が入らずより良質なIII-V族化合物結晶が得られる。

10

#### 実施例

さらに、上記実施形態1および実施形態2について、具体的な実施例に基づいて説明する。

##### (実施例1)

- 15 実施形態1に基づいて、図1を参照して、図1Aに示すように、基板1としてサファイア基板を用い、基板1上に蒸着法により金属膜2として金属Ti膜を30nm堆積した。次に、図1Bに示すように、金属膜2をNH<sub>3</sub>雰囲気中1000℃で0.5分間熱処理した。降温後、SEM (Scanning Electron Microscope: 走査型電子顕微鏡) で金属膜2の表面を観察すると、図3Aに示すような虫
- 20 食い状の穴または溝が見られ、穴または溝の平均幅Wは8nm、開口率は12%であった。さらに、図1Cに示すように、原料にGaおよびNH<sub>3</sub>を用いたHVPE法により、1000℃で5時間かけてIII-V族化合物結晶4を成長させたところクラックのない結晶が得られた。得られた結晶は、XRD測定によりGaN結晶であり、XRDにおけるFWHM (Full Width Half Maximum; 半値
- 25 幅) は120 arcsecの良好な結晶であることがわかった。結果を表1に示す。

##### (実施例2～実施例12)

表1に示す試験条件において、実施例1と同様の手順でIII-V族化合物結晶を成長させた。結果を表1にまとめた。



表 1

基板種	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10	実施例11	実施例12
種類	窒化チタン	窒化チタン	GaAs	窒化チタン	Si	AlN	ZrB <sub>2</sub>	GaN	SiC	窒化チタン	窒化チタン	Si
金属膜	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti(90) Al(10)	V	V	Ti	Ti
膜厚(nm)	30	200	200	200	200	500	200	300	200	200	200	200
雰囲気	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub> (40) H <sub>2</sub> (60)	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>
組成(%)												
温度(°C)	1000	800	1000	1000	1100	1200	1000	1000	1000	1000	1000	1100
時間(min)	0.5	10	6	3	3	10	3	3	3	2	3	3
穴・溝幅(nm)	8	10	110	31	280	900	32	26	29	18	31	280
開口率(%)	12	25	34	22	45	75	22	18	11	8	22	38
原料1 (組成%)	Ga	Ga	Ga	Ga	Ga	Ga	Ga	Ga	Ga	Ga(80) Al(10) In(10)	Al	Ga(70) Al(30)
原料2	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>
温度(°C)	1000	1100	1000	1000	1100	1000	1000	1000	1100	1000	1000	1100
時間(hr)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
クラック発生	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無
結晶組成 (XRD同定)	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN	Ga <sub>0.8</sub> Al <sub>0.1</sub> In <sub>0.1</sub> N	AlN	Ga <sub>0.7</sub> Al <sub>0.3</sub> N
XRD FWHM (arcsec)	120	120	103	110	105	108	118	135	138	150	115	97

## (実施例 13)

実施形態 2 に基づいて、図 2 を参照して、図 2 A に示すように、基板 1 としてサファイア基板を用い、基板 1 上に蒸着法により金属膜 2 として金属 Ti 膜を 200 nm 堆積した。次に、図 2 B に示すように、金属膜 2 を  $\text{NH}_3$  雰囲気中 1000°C で 3 分間熱処理した。降温後、SEM (Scanning Electron Microscope: 走査型電子顕微鏡) で金属膜 2 の表面を観察すると、図 3 A に示すような虫食い状の穴または溝が見られ、穴または溝の平均幅  $W$  は 31 nm、開口率は 22 % であった。次に、図 2 C に示すように、原料に Ga および  $\text{NH}_3$  を用いた HVPE 法により、500°C で 0.5 時間かけて III-V 族化合物バッファ膜 3 を成長させた。さらに、図 2 D に示すように、原料に Ga および  $\text{NH}_3$  を用いた HVPE 法により、1000°C で 5 時間かけて III-V 族化合物結晶 4 を成長させたところクラックのない結晶が得られた。得られた結晶は、XRD 測定により GaN 結晶であり、XRD における FWHM (Full Width Half Maximum; 半値幅) は  $80 \text{ arcsec}$  の良好な結晶であることがわかった。結果を表 2 に示す。

## (実施例 14 ~ 実施例 20)

表 2 に示す試験条件において、実施例 13 と同様の手順で III-V 族化合物結晶を成長させた。結果を表 2 にまとめた。

表 2

		実施例 13	実施例 14	実施例 15	実施例 16	実施例 17	実施例 18	実施例 19	実施例 20
基板種		サファイア	Si	GaAs	AlN	GaN	SiC	サファイア	Si
金属膜	種類 (組成mol%)	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti (90) Al (10)	V	Ti	Ti
	膜厚 (nm)	200	200	200	500	300	200	200	200
熱処理	雰囲気 (組成mol%)	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>
	温度(°C)	1000	1100	1000	1200	1000	1000	1000	1100
	時間(min)	3	3	6	10	3	3	3	3
穴・溝幅 (nm)		31	280	110	900	26	29	31	280
開口率 (%)		22	45	34	75	18	11	22	38
パッ ーフ 膜 成 長	原料 1 (組成mol%)	Ga	Ga	Al	Ga	Ga	Ga	Al	Ga (70) Al (30)
	原料 2	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>
	温度(°C)	500	500	500	500	500	500	500	500
	時間(hr)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
結 晶 成 長	原料 1 (組成mol%)	Ga	Ga	Ga	Ga	Ga	Ga	Al	Ga (70) Al (30)
	原料 2	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>
	温度(°C)	1000	1100	1000	1000	1000	1000	1000	1100
	時間(hr)	5	5	5	5	5	5	5	5
クラック発生		無	無	無	無	無	無	無	無
結晶組成 (XRD 同定)		GaN	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN	AlN	Ga <sub>0.7</sub> Al <sub>0.3</sub> N
XRD FWHM (arsec)		80	65	72	85	88	92	90	78

表 1 および表 2 から明らかなように、いずれの実施例においてもクラックの発生  
5 生のない良質の III-V 族化合物結晶が得られた。また、たとえば、実施例 4  
と実施例 13 または実施例 11 と実施例 19 を対比すると、結晶の XRD 回折に  
おける FWHM が、それぞれ 110 arsec から 80 arsec、115 ar

secから90arsecと減少し、III-V族化合物結晶の結晶成長の前にパッファ膜成長を行なうことにより、結晶の質がさらに向上していることがわかる。

- 5 今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した説明でなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内のすべての変更が含まれることが意図される。

#### 産業上の利用可能性

- 10 上記のように、本発明によれば、基板上に金属膜を堆積する工程と、前記金属膜をパターニングする化合物の存在雰囲気下で熱処理する工程と、前記熱処理後の金属膜上にIII-V族化合物結晶を成長させる工程とを備えることにより、簡便でコストの低い製造法方法で、クラックを発生させることなく良質のIII-V族化合物結晶を得ることができる。

## 請求の範囲

1. 基板上に金属膜を堆積する工程と、前記金属膜をパターニングする化合物の存在雰囲気下で熱処理する工程と、前記熱処理後の金属膜上にⅢⅢⅢ-V族化合物結晶を成長させる工程とを備えることを特徴とするⅢⅢⅢ-V族化合物結晶の製造方法。
- 5
2. 基板上に金属膜を堆積する工程と、前記金属膜をパターニングする化合物の存在雰囲気下で熱処理する工程と、前記熱処理後の金属膜上にⅢⅢⅢ-V族化合物バッファ膜を成長させる工程と、前記ⅢⅢⅢ-V族化合物バッファ膜上にⅢⅢⅢ-V族化合物結晶を成長させる工程とを備えることを特徴とするⅢⅢⅢ-V族化合物結晶の製造方法。
- 10
3. 金属膜をパターニングする化合物の存在雰囲気下で熱処理することにより金属膜に形成される穴または溝の平均幅が2 nm～5 0 0 0 nmであり、基板全面積に対する穴または溝の領域面積の百分率である開口率が5 %～8 0 %である請求項1または請求項2に記載のⅢⅢⅢ-V族化合物結晶の製造方法。
- 15
4. 基板が、シリコン、サファイア、SiC、ZrB<sub>2</sub>またはⅢⅢⅢ-V族化合物である請求項1～請求項3のいずれかに記載のⅢⅢⅢ-V族化合物結晶の製造方法。
5. 金属膜が、チタンまたはバナジウムを含有する請求項1～請求項4のいずれかに記載のⅢⅢⅢ-V族化合物結晶の製造方法。
- 20
6. 金属膜の厚さを1 0 nm～1 0 0 0 nmとする請求項1～請求項5のいずれかに記載のⅢⅢⅢ-V族化合物結晶の製造方法。
7. 熱処理は、8 0 0 ℃～1 2 0 0 ℃で0. 5 分間～2 0 分間行なうことを特徴とする請求項1～請求項6のいずれかに記載のⅢⅢⅢ-V族化合物結晶の製造方法。
- 25
8. 請求項1～請求項7のいずれかに記載のⅢⅢⅢ-V族化合物結晶の製造方法により製造されたⅢⅢⅢ-V族化合物結晶。
9. ⅢⅢⅢ-V族化合物結晶が、Ga<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>In<sub>1-x-y</sub>N (0 ≤ x ≤ 1、0 ≤ y ≤ 1) である請求項8に記載のⅢⅢⅢ-V族化合物結晶。

1/2

FIG. 1A



FIG. 1B

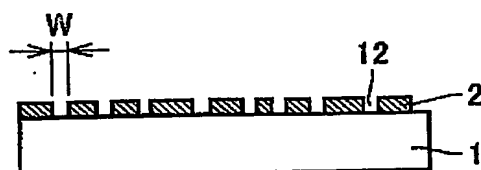


FIG. 1C

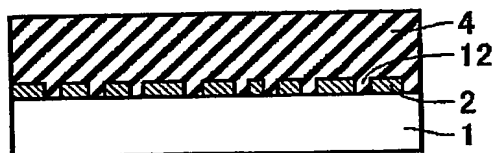


FIG. 2A

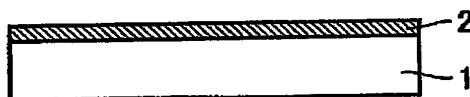


FIG. 2B

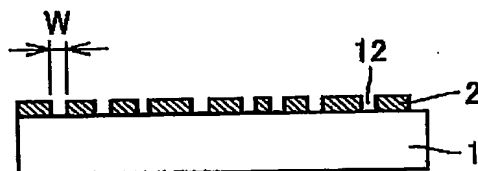


FIG. 2C

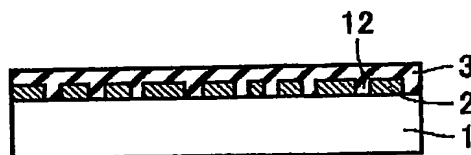
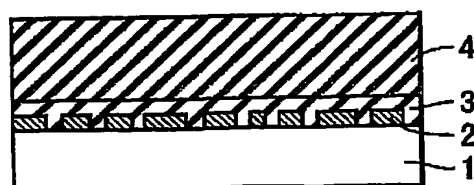


FIG. 2D



2/2

FIG. 3A

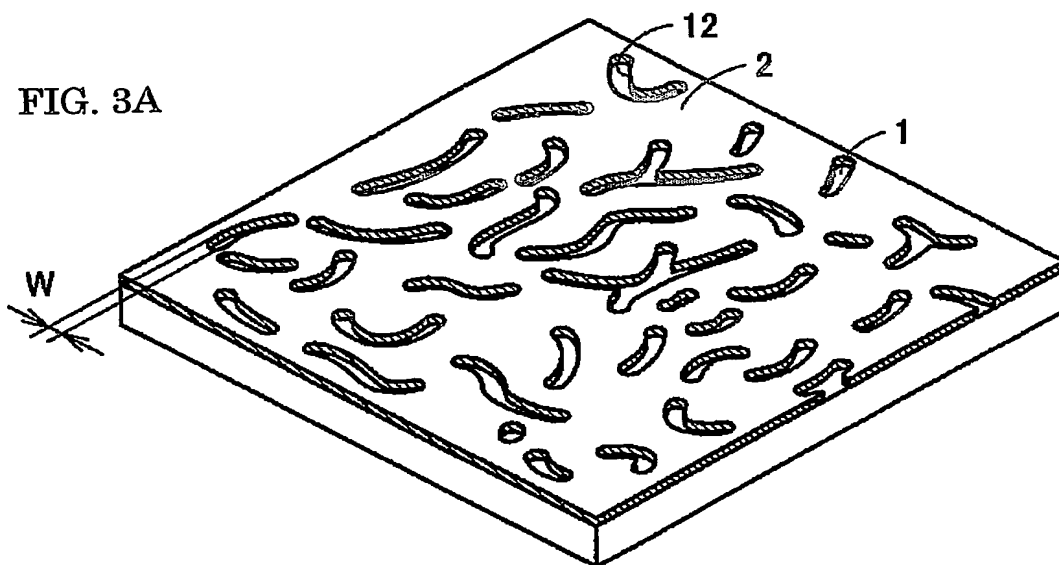
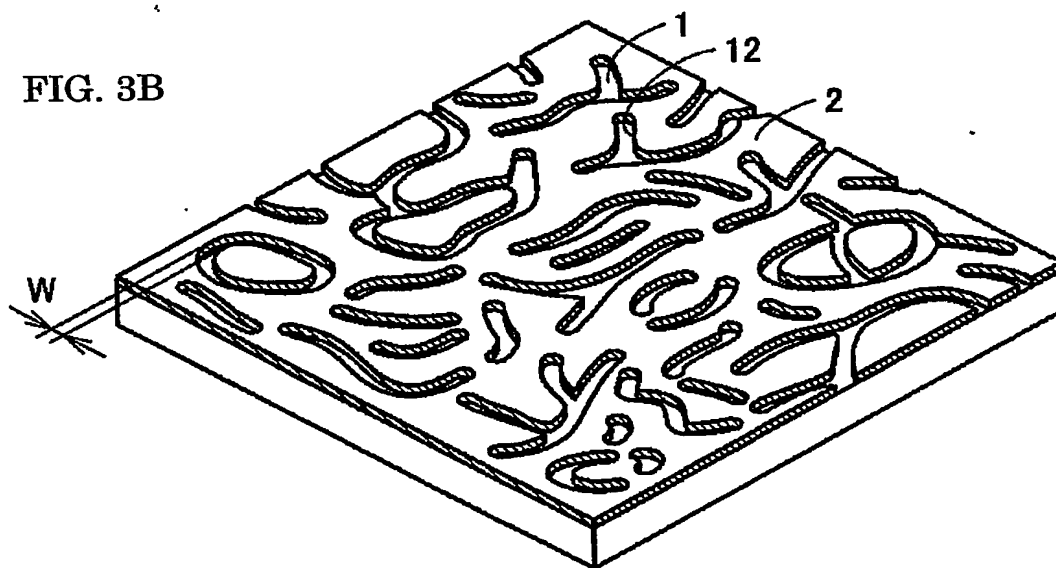


FIG. 3B



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004811

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> C30B29/40, C30B29/38, H01L21/205, H01L21/302, H01L21/20,  
H01L33/00, H01S5/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> C30B29/40, C30B29/38, H01L21/205, H01L21/302, H01L21/20,  
H01L33/00, H01S5/30

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
WPI, Elsevier

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2003-7616 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 10 January, 2003 (10.01.03), Claims; page 7, Par. No. [0057] to page 8, Par. No. [0071]; page 13, Par. No. [0147] to page 14, Par. No. [0154] & EP 1244139 A2 & US 2002-0137248 A1	1-4, 6-9
A	JP 2000-164988 A (Sony Corp.), 16 June, 2000 (16.06.00), Claims; page 6, Par. No. [0033] to page 8, Par. No. [0056] & EP 1005067 A2	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
06 July, 2004 (06.07.04).

Date of mailing of the international search report  
20 July, 2004 (20.07.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004811

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-148348 A (NEC Corp.), 29 May, 2001 (29.05.01), Claims; page 5, Par. No. [0022] to page 8, Par. No. [0075] & JP 10-312971 A                      & US 6348096 B1	1-9

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> C30B29/40, C30B29/38, H01L21/205, H01L21/302, H01L21/20, H01L33/00, H01S5/30

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> C30B29/40, C30B29/38, H01L21/205, H01L21/302, H01L21/20, H01L33/00, H01S5/30

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996
日本国公開実用新案公報	1971-2004
日本国登録実用新案公報	1994-2004
日本国実用新案登録公報	1996-2004

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI, Elsevier

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2003-7616 A(松下電器産業株式会社), 2003.01.10, 特許請求の範囲, 第7頁段落【0057】-第8頁段落【0071】, 第13頁段落【0147】-第14頁段落【0154】 & EP 1244139 A2 & US 2002-0137248 A1	1-4, 6-9
A	JP 2000-164988 A(ソニー株式会社), 2000.06.16, 特許請求の範囲, 第6頁段落【0033】-第8頁段落【0056】 & EP 1005067 A2	1-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

06.07.2004

国際調査報告の発送日

20.7.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

新居田 知生

4 G

8618

電話番号 03-3581-1101 内線 6781

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-148348 A(日本電気株式会社), 2001.05.29, 特許請求の 範囲, 第5頁段落【0022】-第8頁段落【0075】 & JP 10-312971 A & US 6348096 B1	1-9